

<https://doi.org/10.52676/1729-7885-2025-3-68-76>

УДК 53.08

СУ ҚҰБЫР ЖЕЛІЛЕРІНІҢ ГИДРАВЛИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕУЛЕРІН ZULUHYDRO БАҒДАРЛАМАСЫ АРҚЫЛЫ КОМПЬЮТЕРЛІК ЖОБАЛАУ

І. Е. Алдаберген*, Г. Н. Сембаева

Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан

* Байланыс үшін E-mail: inkar94_kz@mail.ru

Бұл мақалада ZuluHydro бағдарламасы арқылы инженерлік коммуникациялардың гидравликалық есептеулерінің барысы мен нәтижелері көрсетілген. ZuluHydro бағдарламасы желінің есептік математикалық моделін жасауға, желіні паспорттауға, жасалған модельдер негізінде информациялық есептерді, топологиялық анализ есептерін шешуге, әр түрлі гидравликалық есептеулер жүргізуге мүмкіндік беретіні баяндалған. Бір немесе бірнеше көз арқылы жұмыс істейтін дросселдейтін құрылғылар мен көтергіш насосты станциялармен қоса тұйық және сакиналық сумен жабдықтау желілеріне есептеулер жасалу керек. ZuluHydro есептеулері геоинформациялық жүйемен тар интеграцияда да, қолданушылар қосымшаларындағы есептеулерді жүргізуге мүмкіндік беретін жеке компоненттер кітапханасы түрінде де жұмыс жасай алады. Бағдарлама қолданушыға жақын интерфейс ұсынады. Бағдарлама желі жұмысының режимдерінің түрлі өзгерістері кезінде гидравликалық желілерде ауыпалы процесстерді есептеуге мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: гидравлика, су құбыр желісі, гидросоққы, ZuluHydro бағдарламасы, пьезометриялық қысымдар, граф иіндері.

КІРІСПЕ

Толық сумен қамту жүйесі су таратуды қамтамасыз ететін желілерден ғана емес, оны меншіктеп беру немесе кәріз жүйесі желілерінен де тұрады. Екі құраушының сауатты жүзеге асуымен ғимаратты пайдалану мен оның санитарлық жағдайы байланысты болады. Сумен жабдықтау мен кәріз жүйесі орталық және жекеленген болуы мүмкін.

Орталық сумен жабдықтау жүйесіне қала немесе елді мекенде орналасқан құрылыстар қосылады. Бұл жағдайда одан су жіберу немесе бұрып жіберуді қамтамасыз ететін құбырлар төселеді.

Жекеленген сумен жабдықтау жүйесі қала сыртындағы үлкен үйлердің көбісі үшін сумен қамтамасыз етудің жалғыз жүйесі. Су алу артезиандық ұңғымалардан болады, насостар, сүзгіштер мен құбырлар арқылы ғимаратқа жіберіледі. Судың жылуына бұл жағдайда арнайы орнатылған құрылғы жауап береді. Шартты түрде айтқанда, жекеленген сумен қамту жүйесі – орталықтан жүйе кішірейтілген түрі [1].

Қазіргі заманғы ғимараттар мен құрылыстар сыртқы және ішкі коммуникациялармен жасалған инфрақұрылымды жасаусыз болмайтын күрделі инженерлік конструкцияларды ұсынады. Сумен жабдықтау, жылу беру, кәріз жүйесі – тұрғын үйлер мен өндірістік объектілердің тіршілік іс – әрекетін қамтамасыз ететін инженерлік коммуникациялардың маңызды жүйелері.

Математикалық модельдер негізінде желілер есептеулер негізінде граф жатыр. Белгілі болғандай, граф иіндермен жалғанған түйіндерден тұрады. Кез келген желіде өзінің түйіндік элементтер жинағын бөліп алуға болады. Ол сумен жабдықтауда көздер, су құбырлық құдықтар, тұтынушылар, насостық станциялар, ілмектік арматура болып табылады.

Граф иіндері желі аймағы – құбыр желілері болып табылады. Аймақ белгілі бір түйіннен басталып түйіннен аяқталу керек [2].

Желі аймағы суретін сала бастағанда, міндетті түрде аймақ бастамасын немесе бар түйіндердің біріне бекіту қажет, немесе осы аймақ басталатын түйіндер жиынтығынан түйінді таңдап алу қажет. Дәл осылай, аймақты енгізуді тоқтатып, оның аяғын немесе бар түйіндердің біріне бекіту қажет, немесе аймақ аяқталатын жаңа түйінді орнату қажет. Кез келген түйіннің орнын ауыстыру кезінде, онымен бірге осы түйінмен байланысты аймақтардың басы мен аяғы орналасады, яғни, кеңістікте түйіндердің орналасуының өзгеруі графтың топологиясының өзгеруіне алып келеді, желі «бұзылмайды».

Математикалық модель тұрғысынан аймақтардың сыну нүктелері мен түйіндер координаталары геодезиялық дәлдік координатасы бойынша белгіленген, қандай да бір төсем бойынша суреті салынған немесе жай ғана сұлбалық түрде суреттелген. Қажетті түйіндер жұптары иіндермен жалғанғаны маңызды, және «суретін салу» нәтижесінде автоматты түрде желінің математикалық графының кодировкасы алынады. Егер сурет дұрыс орындалса, онда желі графында да қателік жіберілмейді [3].

ӘДІСТЕР МЕН МАТЕРИАЛДАР

Сумен жабдықтау жүйелерін жобалау мен басқару – инженерлік қызметтің маңызды саласы. Бұл жүйелердің сенімді және тиімді жұмыс істеуі қала инфрақұрылымының тұрақты дамуына тікелей әсер етеді. Су жүйелерінің гидравликалық мінез-құлқын модельдеуде әртүрлі бағдарламалық құралдар пайдаланылады. Олардың ішінде ZuluHydro, EPANET және WaterCAD кеңінен танымал. Аталған бағдарламалар әртүрлі мақсаттарға бағытталған және функ-

ционалдығы, қолдану күрделілігі мен мүмкіндіктері жағынан ерекшеленеді. Бұл мақалада осы үш бағдарламаны салыстырып, олардың артықшылықтары мен шектеулерін саралаймыз.

Бағдарламаларға қысқаша сипаттама

ZuluHydro – шағын және орта деңгейдегі су жүйелерін модельдеуге арналған бағдарлама. Қарапайым интерфейсі мен төмен бағасы оны студенттер мен зерттеушілер арасында танымал етеді. Бұл бағдарлама көбінесе Оңтүстік Африка елдері мен дамушы аймақтарда қолданылады.

EPANET – АҚШ Қоршаған ортаны қорғау агенттігі (EPA) жасаған, ашық кодты және тегін таратылатын бағдарлама. Ол уақытқа тәуелді (extended-period simulation) гидравликалық және су сапасы есептеулерін жүргізуге арналған.

WaterCAD – Bentley Systems компаниясының кәсіби инженерлерге арналған коммерциялық өнімі. Бұл бағдарлама сумен жабдықтау жүйелерін жобалау, талдау және басқару үшін кеңінен қолданылады. Оның күрделі функционалдығы мен интеграциялық мүмкіндіктері ірі жобаларда тиімділігін көрсетеді.

Функционалдық салыстыру

Критерий	ZuluHydro	EPANET	WaterCAD
Қолдану саласы	Білім беру, шағын жобалар	Зерттеу, шағын және орта жүйелер	Ірі қалалар, кәсіби инженерлік жобалар
Бағасы	Тегін немесе төмен	Тегін	Қымбат коммерциялық лицензия
Интерфейс	Интуитивті, жеңіл	Қарапайым, аздап ескірген	Күрделі, бірақ кәсіби
Құбырлар мен нүктелік элементтер	Бар, бірақ шектеулі	Барлық негізгі компоненттер	Кеңейтілген (резервуар, сорғы, клапан т.б.)
Уақытша модельдеу	Шектеулі	Иә (уақытша өзгерістерді есептейді)	Иә, күрделі сценарийлерді қолдайды
Су сапасы анализі	Жоқ	Иә (мысалы, хлор қалдығы)	Иә, кеңейтілген модельдер
Визуализация	Қарапайым	Қарапайым графика	Кәсіби визуализация, 3D
GIS/SCADA интеграциясы	Жоқ	Жоқ	Иә (AutoCAD, ArcGIS, SCADA жүйелерімен бірігеді)
Қолдау және оқыту	Шектеулі	Қоғамдық форумдар, EPA құжаттамасы	Кеңейтілген техникалық қолдау және тренингтер

Қолдану жағдайлары мен мақсатты аудитория

– *ZuluHydro* – университеттер, шағын қауымдастықтар, ауылдық су жүйелерін жоспарлауға бағытталған. Оны су жүйесі бойынша бастапқы білім алу, зерттеу жүргізу немесе қаржылық ресурстары шектеулі жобаларда қолдану тиімді.

– *EPANET* – ғылыми-зерттеу институттары, инженерлер және экологтар үшін ыңғайлы. Ашық кодты болғандықтан, бағдарламашылар оны модификациялап, өздерінің арнайы алгоритмдерін енгізе алады.

– *WaterCAD* – кәсіби инженерлер мен қалалық инфрақұрылымды басқарушылар үшін жасалған. Ол күрделі жүйелерді оңтайландыру, апаттық жағдайларды болжау және ұзақ мерзімді жоспарлау үшін өте қолайлы.

Артықшылықтар мен кемшіліктер

Бағдарлама	Артықшылықтары	Кемшіліктері
ZuluHydro	Қолдануға жеңіл, арзан, оқытуға тиімді	Шектеулі функциялар, күрделі модельдерге арналмаған
EPANET	Тегін, су сапасын есептеу, кеңінен танымал	Интерфейсі ескірген, интеграция шектеулі
WaterCAD	Кәсіби қолдау, интеграция, аналитикалық құралдар мол	Бағасы жоғары, оқуға уақыт керек

ZuluHydro, *EPANET* және *WaterCAD* – әртүрлі деңгейдегі пайдаланушылар мен жобаларға арналған қуатты құралдар. Таңдау кезінде жобаның көлемі, техникалық талаптар мен бюджеттік шектеулерді ескеру маңызды.

– Егер мақсат – оқыту немесе шағын жобаны модельдеу болса, *WaterCAD* – ыңғайлы әрі үнемді шешім.

– Ғылыми зерттеу, су сапасын бағалау немесе тегін құрал қажет болса, *EPANET* – таптырмас таңдау.

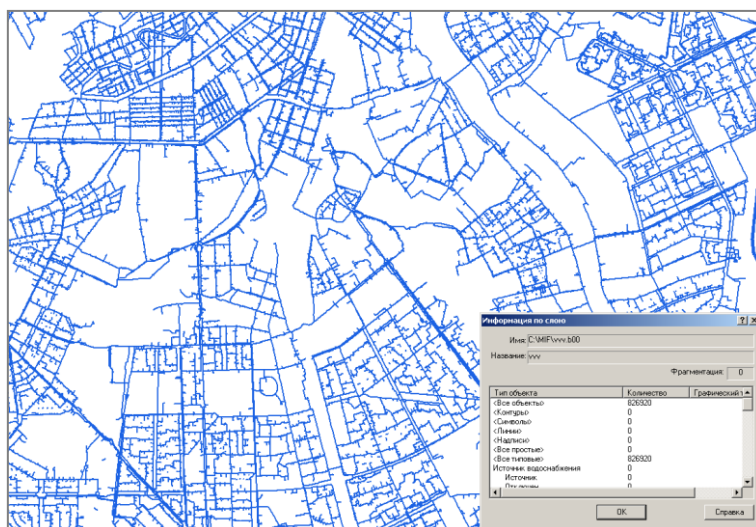
– Ал егер сізге кәсіби, интеграцияланған және толыққанды инженерлік шешім қажет болса, *ZuluHydro* – ең тиімді нұсқа.

Бұл бағдарламалар бірін-бірі толықтыра алады және әртүрлі деңгейде су жүйелерін модельдеудің үздік үлгілерін ұсынады.

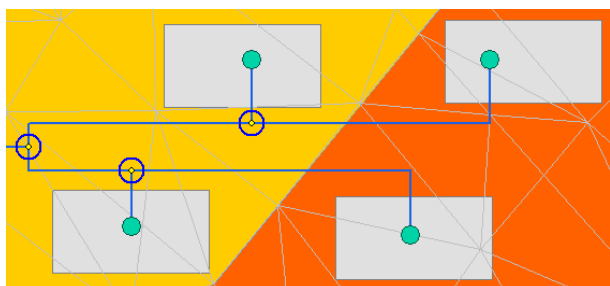
Су құбыр желісін салу үшін есептеулер үшін қажет кестелер қосылған бегілі бір құрылымның *Zulu* жүйесі қабатын қолдану қажет. Су құбыр желісі сұлбасын немесе алдын ала дайындалған астыңғы арқауға, немесе таза бетті картаға салуға болады. Сурет 1 – де су құбыр желісінің мысалы көрсетілген.

Су құбыр желісінің картадағы суреті

Су құбыр желісін аймақпен жалғастыру арқылы кескіндеуге болады. Ол келешекте гидравликалық есептеулерді жүргізіп қана қоймай, су құбыр желілерінің нақты орналасқан жерін біліп, басқа да инженерлік есептерді шешуге мүмкіндік береді. Аймаққа жалғанған су құбыр желісінің кескінің мысалы сурет 2 – де көрсетілген [4].



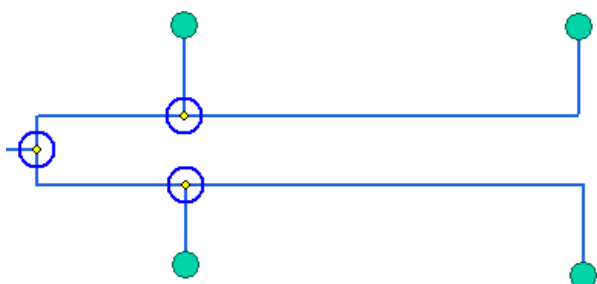
Сурет 1. Су құбыр желісінің мысалы



Сурет 2. Аймаққа жалғанған су құбыр желісінің кескіні

Су құбыр желісінің сұлбалық кескіні

Су құбыр желісінің кескіні схемалық түрде болуы мүмкін, сонымен қоса, түйіндер координаталары (су құбыр желілері объектілері) мен бұрылу бұрыштары (аймақтардың сыну нүктелері) геодезиялық дәлдікпен немесе төсем бойынша салынған координаталар бойынша енгізілетіні маңызды емес. Су құбыр желілерінің қажетті объектілері (түйіндері) аймақтармен (иіндермен) жалғанғаны маңызды. Су құбыр желілері модельдерінің сұлбалық кескіні гидравликалық есептеулерді жылдам жүргізуге мүмкіндік береді, бірақ өз желілерін анықтауға мүмкіндік бермейді. Су құбыр желілерінің сұлбалық кескінінің мысалы сурет 3-те көрсетілген [5].



Сурет 3. Желінің сұлбалық кескіні

Желінің жеңілдетілген және толық кескіні

Талдап тексеру деңгейі су құбыр желісінің аймаққа бекітумен картадағы кескініндегі тәрізді, сұлбалық кескінінде де әр түрлі болуы мүмкін. Мысалы, төмендегі суреттерде су құбыр желісінің екі эквивалентті сұлбалары кескінделген. Егер «Желінің толық кескіні» сурет 5 – ке қараса, су құбыр желілері құдықтарында тиекті құрылғылардың анығырақ етіп суретін салу арқылы толығырақ кескін көрінеді. Осындай толық кескінде объектілер саны, сәйкесінше олар бойынша мәліметтер көбейетіні түсіну керек.

Егер де тиектік құрылғылардың анығырақ етіп суретін салмаса, гидравликалық шығындарды адекваттық модельдеу үшін аймақтық кедергілер кез келген жағдайда міндетті түрді базаға енгізілуі қажет.

Осыған байланысты, желінің картада кескінделуінің дәлдігі мен нақтылығы есептеулер нәтижелеріне әсер етпейді (сурет 4).



Сурет 4. Желінің жеңілдетілген кескіні



Сурет 5. Желінің толық кескіні

Әрекеттер реттілігі

Су құбыр желісін модельдеу үшін белгілі бір әрекеттер ретін орындау керек:

1. Су құбыр желісі қабатын құру қажет. Су құбыр желісін картаға салу үшін алдын ала су құбыр желісі қабатын құру керек.
2. Қабатының құрылымын бағыттау: сыртқы келбеті, символдар өлшемдері.

3. Қолданушы қажет болған жағдайда кез келген объектінің графикалық кескінін өзгерте алады, сондай – ақ, құрылымға қалыптастырылған жаңа объектілерді қоса алады, мысалы «Кенеттен тарылу (кенею)», «Баланстық жабдықтың шекарасы» және т.б.

4. Су құбыр желісін картаға салу. Су құбыр желісі қабатын жасағаннан кейін, модельді картада кескіндеуге болады.

Қисындылығын (связность) тексеру.

Су құбыр желісінің математикалық моделін жасаудың дұрыстығын тексеру үшін желінің барлық объектілердің өзара қисындылығын тексеру қажет. Тексеруді толығымен салынған желі үшін де, оның бөліктері үшін де жүргізуге болады [7].

Су құбыр желісін тексеру есебі

Тексеру есебінің мақсаты су құбыр желісінде ағымтаратуды, белгілі құбыр диаметрлері мен түйіндік нүктелерде су өндірулер кезінде жіберу мен көздер қысымын анықтау болып табылады.

Тексеру есебінде белгілі шамалар болып табылады:

- желінің барлық аймақтары мен гидравликалық кедергілерінің диаметрлері мен ұзындықтары;
- судың белгіленген түйіндік өндірулері;
- барлық көздердің қысымдық – шығындық сипаттамалары;
- барлық түйіндік нүктелердің геодезиялық белгілері.

Тексеру есебі нәтижесінде анықталады:

- желінің барлық аймақтарында қысымның шығындары;
- көздерді жіберу;
- жүйенің барлық түйіндеріндегі пьезометриялық қысымдар.

Тексеру есептеріне сағатына ең көп су тұтыну өрт сөндіру жағдайындағы жүйелер есебі мен жеке аймақтардағы апаттарға байланысты су жіберу төмендеген кездегі желілер мен су құбырлары есептеулерін жатқызған дұрыс. Бұл есептеулер жақсы және

орташа шарттарда жүйенің жұмысқа қабілеттілігін бағалау үшін, осы жағдайларда жобаланған насостық құрылғыны қолдану мүмкіндігін анықтау үшін, сонымен қатар, еркін қысымдардың түсуі мен жіберудің шекті мәндерден төмен түсуін шектейтін шараларды өңдеу үшін қажет [6].

Су құбыр желісінің конструкциялық есебі

Тұйық және сақиналық су құбыр желісін конструкциялық есептеудің мақсаты берілген қысыммен есептік су шығындарын өткізуді қамтамасыз ететін құбыр желілерінің диаметрлерін анықтау болып табылады (Қосымша А-да көрсетілген.).

Желінің есептік режимі ретінде жүйенің, оның ішінде су құбыр желісінің жеке құрылыстары үшін ең жоғарғы жүктемелері болатын су өндіру мен оның насосты станциялармен жіберілуін түсінеді. Жүктемелерге су шығындары мен қысымдарды жатқызады.

Су құбыр желісінде, басқа да инженерлік коммуникациялар тәрізді, жіберу мен су тарату жүйелерінің барлық құрылыстарының өзара байланыстарын есептеу қажет.

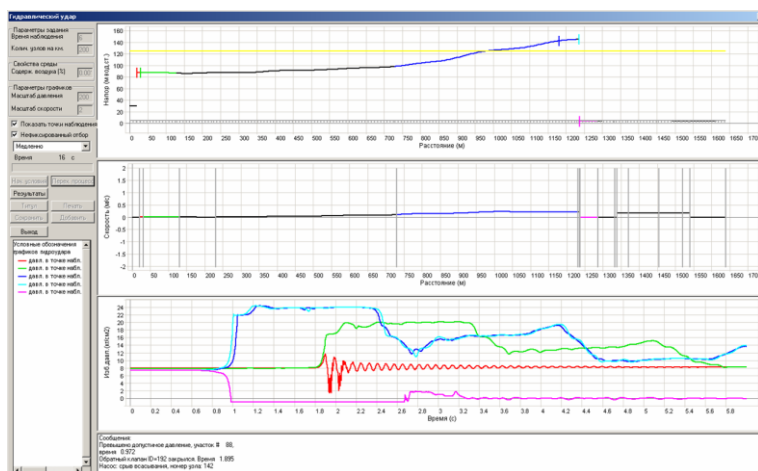
Су құбырлары желілерін есептеу сумен қамту жүйесін, соның ішінде бірнеше көздермен сипаттайтын кез келген объектілер жиынтығымен жүзеге асады [9].

Гидросоққы

- Қолданылуы;
- Мүмкіндіктері;
- Есептер нәтижелері;
- Құндылықтары;
- Интерфейс.

НӘТИЖЕЛЕР МЕН ТАЛҚЫЛАУЛАР

Сумен қамтудың әрбір желісінде күн сайын ауыспалы процестер туындайды. Аса қарқынды процестер кенеттен бұзылуларға (гидравликалық соққыларға) алып келеді, қарқынды емес процестер желі элементтерінің мезгілсіз тозуына әкеліп соғады (сурет 6).



Сурет 6. Су құбыр желісінде гидравликалық соққыны есептеу

Ауыспалы процестердің негативті әсерінің шығындарын азайту үшін:

- Алдымен, қарқынды ауыспалы процесстердің қай жерде, неге және қаншалықты туындайтынын анықтау керек;

- Осыған байланысты желіні қорғау шараларын жоспарлау, мысалы, қорғаныс құрылғыларын орнату, құбырларды ауыстыру және т.б.;

- Жоспарланатын шаралардың эффективтілігін бағалау.

Қолданылуы

ZuluHydro бағдарламалық модулі. Гидросоккы күрделі құбыржелілік гидро жүйелерде стационарлық емес процестерді есептеу үшін арналған. Есептеудің мақсаты – ауыспалы процесс уақытында жарамайтын жоғары немесе төмен қысымның әсеріне ұшырайтын желі түйіндері мен аймақтарды анықтау. Ауыспалы процестерді туғызатын оқиға ретінде насостарды қосу немесе сөндіру, тиектерді ашу немесе жабу (задвизка), сонымен қатар құбырдың жарылуы болжалады.

Мүмкіндіктері

Бағдарлама желі жұмысының режимдерінің түрлі өзгерістері кезінде гидравликалық желілерде ауыспалы процесстерді есептеуге мүмкіндік береді: насостарды қосу, сөндіру, тиектерді ашу, жабу. Желіні модельдеу үшін көптеген әр түрлі элементтер, соның ішінде қорғаныс модельдері ұсынылады. Құбырда әуелік қосу мен құбырдың жарылуы тәрізді құбылыстарды ескеруге мүмкіндік болады.

Есептеулер нәтижелері

Есептеу барысында және оның аяқталуы кезінде қолданушыға ауыспалы процестер анализі үшін бағдарлама келесі ақпаратты ұсынады:

Есептеу процедурасы уақытында қолданушы дәл қазіргі уақытта қысымның жылжыма толқындары мен кез келген бағыт бойымен жылдамдықты таратуды бақылау мүмкіндігіне ие болады. Есептеу нәтижелері бойынша осы бағыт бойымен әрбір нүктеде ең көп және ең аз қысымдар графиктерді құрастыру жүзеге асырылады. Тандалған бақылау нүктелері қатары үшін уақытқа байланысты қысымның өзгеру графиктері келтіріледі.

ZuluHydro-ны ірі инфрақұрылымдық жобаларда қолданудың шектеулері туралы талқылау кезінде бірнеше маңызды аспектілерді ескеру қажет. Негізгі шектеулер мен қиындықтар:

1. Техникалық шектеулер

- *Қуат пен көлем шектеулері:* ZuluHydro технологиясы ірі гидроэнергетикалық жобалар үшін қажетті қуат пен су көлемін тиімді басқару мүмкіндігіне шектеулі болуы мүмкін.

- *Техникалық күрделілік:* Үлкен инфрақұрылымдық жобаларда күрделі техникалық шешімдер мен

кешенді жүйелер қажет. ZuluHydro кейбір жағдайларда интеграциялану мен масштабталуда қиындықтарға тап болуы ықтимал.

2. Қаржылық және экономикалық шектеулер

- *Жобаның жоғары құны:* Ірі жобалар көбінесе үлкен инвестицияларды талап етеді. ZuluHydro-ны енгізу бастапқы шығындарды көбейтуі мүмкін.

- *Тиімділік пен қайтарым уақыты:* Кейбір жағдайларда технологияның экономикалық тиімділігі ұзақ мерзімді перспективада ғана байқалуы ықтимал.

3. Экологиялық және әлеуметтік шектеулер

- *Экологиялық әсер:* Ірі гидроэнергетикалық жобалар қоршаған ортаға, әсіресе су экосистеміне әсер етуі мүмкін. ZuluHydro технологиясы бұл әсерді азайта ала ма деген сұрақ туындайды.

- *Жергілікті қоғамдастыққа әсері:* Үлкен жобалар жергілікті халықтың өмір салтына, жер пайдалануына және әлеуметтік құрылымына әсер етуі ықтимал.

4. Реттеуші және әкімшілік кедергілер

- *Заңнамалық талаптар:* Құқықтық нормалар мен стандарттар ZuluHydro технологиясын қолдануда қиындықтар туғызуы мүмкін.

- *Рұқсат және келісім алу:* Ірі жобалар үшін көптеген рұқсаттар мен келісімдер қажет, бұл процесті қиындатады.

5. Инфрақұрылымдық және логистикалық мәселелер

- *Тиісті инфрақұрылымның жоқтығы:* Ірі жобалар үшін жеткілікті инфрақұрылым болмауы ZuluHydro технологиясын енгізуді тежейді.

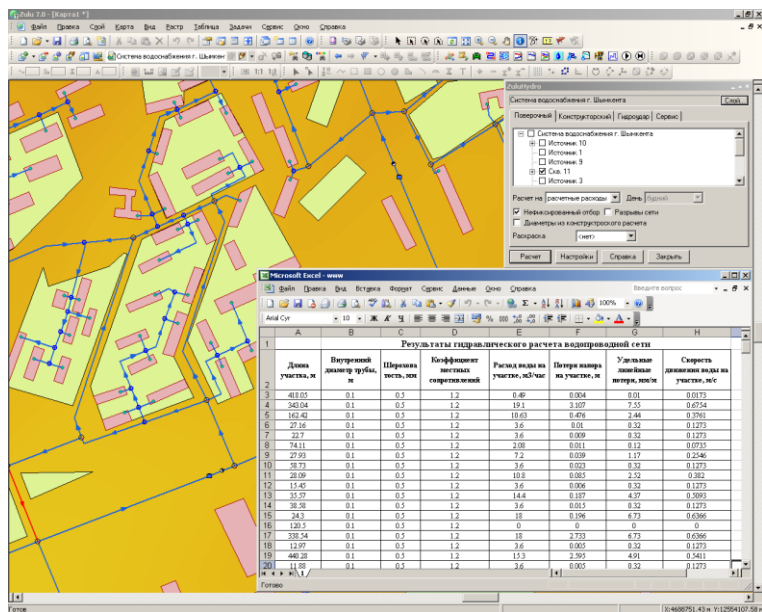
- *Логистика және техникалық қызмет көрсету:* Үлкен жүйелерді қолдау мен техникалық қызмет көрсету күрделі және қымбат болуы мүмкін.

Мәліметтер базасына ең жоғарғы және ең төмен қысымдардың мәндері әрбір аймақ пен желі түйіні үшін осы қысымдардың пайда болу уақытын нұсқаумен салынады, ал аймақ үшін сәйкес орын көрсетіледі.

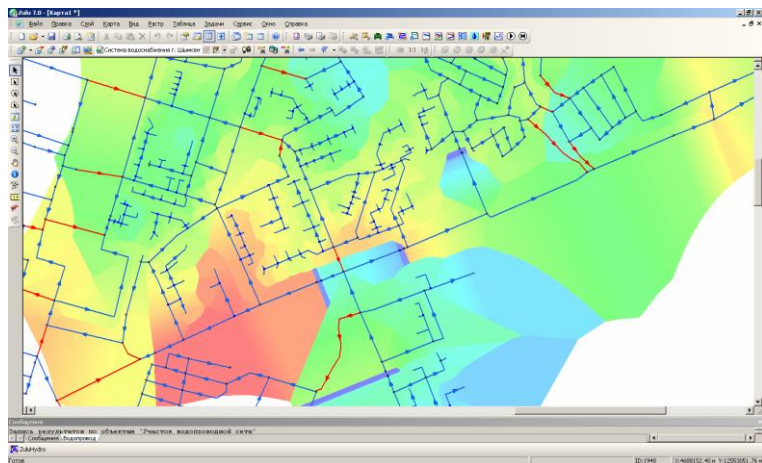
Есептеу процесінде сұйықтықты насоспен сорудың кедергісі (срыв) жайлы хабарламалар беріледі. Есептеу процессінде желінің кейбір нүктесінде соңғы ұйғарынды қысымға жеткені жайлы хабарламалар беріледі.

Zulu сұрақтардың көмегімен мәліметтер базасы бойынша қауіпті аймақтар мен түйіндерді табуға мүмкіндік береді және осы ақпарат негізінде қажет болған жағдайда өзге де бақылау нүктелерін таңдауға (қосуға) және графиктерді құру бағытын өзгертуге болады (сурет 9). Жоғарғы қысым аймақтарымен қатар төменгі қысымды аймақтар да белгілі бір қауіп туғыза алады, бұл жағдайда топырақты суларды сумен қамту жүйесіне және кавитациямен байланысты эффектілерге сораптау мүмкін болатынын айта кету керек (сурет 7, 8) [11, 12].

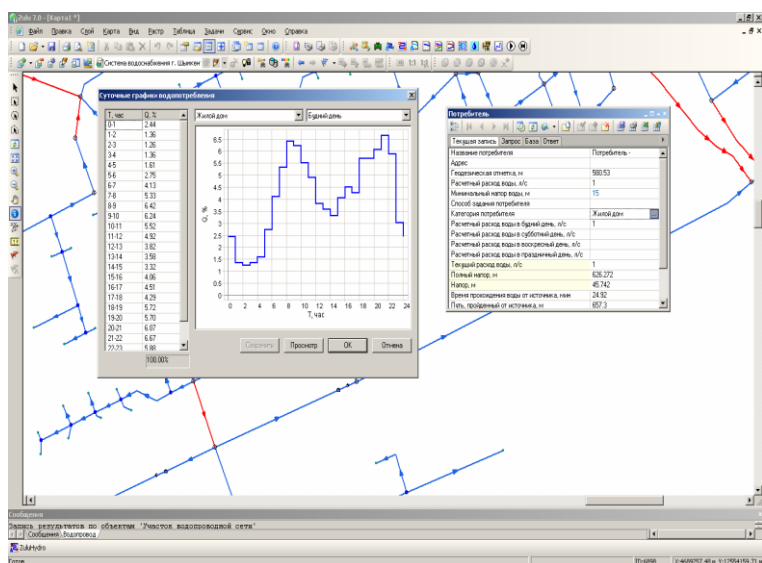
СУ ҚҰБЫР ЖЕЛІЛЕРІНІҢ ГИДРАВЛИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕУЛЕРІН ZULUNHYDRO БАҒДАРЛАМАСЫ АРҚЫЛЫ КОМПЬЮТЕРЛІК ЖОБАЛАУ



Сурет 7. Microsoft Office Excel құжатындағы есептеулер нәтижелері



Сурет 8. Қысым бойынша су құбыр желісінің тематикалық бояуы



Сурет 9. Су тұтынудың тәуліктік графиктері

Есептеулер дәлдігін бағалау

1. Бағдарламаның математикалық моделінің дәлдігі ZuluHydro бағдарламасы гидравликалық есептерді шешу үшін белгілі бір математикалық модельдерді қолданады (мысалы, Ньютон-Рапсон әдісі, гидравликалық теңдеулер жүйесі). Модельдің физикалық үдерістерді шынайы сипаттауы есептеулердің дәлдігіне әсер етеді.

2. Енгізілетін бастапқы деректердің сапасы

- Құбырлардың диаметрі, ұзындығы, шертілу коэффициенттері, материал қасиеттері

- Судың қысымы, ағынының жылдамдығы, температурасы сияқты бастапқы параметрлер. Егер бастапқы деректер нақты және сенімді болса, есептеулердің нәтижесі соғұрлым дәл болады.

3. Сандық әдістердің тұрақтылығы мен дәлдігі

- Сандық әдістердің қадам өлшемі (мысалы, уақыт пен кеңістік қадамы)

- Итерациялық шешімдердің тоқтау критерийлері Қадамдардың тым үлкен болуы немесе тоқтау шарттарының тым еркін қойылуы қателіктерге әкелуі мүмкін.

4. Бағдарламаның параметрлерін дұрыс таңдау

- Қысым мен ағынның шекті мәндері
- Құбыр жүйесінің шынайы шарттарын ескеру (мысалы, көп салалы жүйелерде, турбулентті ағын және т.б.)

Ықтимал қателік көздері

1. Бастапқы деректердегі қателіктер

- Құбыр диаметрі, шертілу коэффициенті, материалдың қанықтылығы жөніндегі қате ақпарат

- Есептеу нүктелеріндегі қысым мен ағын жылдамдығының дұрыс алынбауы

2. Модельдік шектеулер

- Бағдарлама нақты жағдайда болатын күрделі гидравликалық құбылыстарды толық қамтымауы (мысалы, ауыспалы ағын режимдері, соққы толқындары, ауа көпіршіктері)

3. Сандық қателіктер

- Арифметикалық қателіктер, шама шамаларын дөңгелектеу

- Итерацияның жеткіліксіз саны немесе қадам өлшемінің үлкендігі

4. Параметрлерді дұрыс таңдамау

- Құбыр шертілу коэффициенттері немесе турбуленттілік параметрлерін дұрыс енгізбеу

- Бағдарламаның кейбір ішкі параметрлерін сәйкес келмейтін түрде орнату

5. Жүйелік модельдеудің қарапайымдылығы

- Нақты құбыр желісіндегі қосымша элементтерді (арналар, арматуралар, бұрылыстар) ескермеу

- Құбырлардың деформациясын немесе ұзақ мерзімді әсерлерін ескермей есептеу

ZuluHydro бағдарламасымен гидравликалық есептеулердің нәтижелері негізінен бастапқы деректердің сапасына, модельдің физикалық шынайылығына және сандық әдістердің дұрыстығына тәуелді. Есептеулердің дәлдігін арттыру үшін:

- Нақты және сапалы бастапқы деректерді жинау,

- Бағдарламаның параметрлерін мұқият таңдау,

- Қажет болса есептеу қадамдарын азайтып, итерация санын арттыру,

- Қарастырылып отырған жүйенің физикалық ерекшеліктерін ескеру қажет.

Қорытынды

Берілген зерттеулерде су құбыр желілері мен оларда болатын дефектілер және олардың алдын алу үшін зерттеулер мен есептеулер, оның ішінде бағдарлама арқылы гидравликалық есептеу жүргізу нәтижелері көрсетілді.

Сумен қамтудың әрбір желісінде күн сайын ауыспалы процестер туындайды. Аса қарқынды процестер кенеттен бұзылуларға (гидравликалық соққыларға) алып келеді, қарқынды емес процестер желі элементтерінің мезгілсіз тозуына әкеліп соғады.

Жалпы, жер асты жылу құбырлары аймақтарында жүргізілген зерттеулердің арқасында, әдіс дамуда едәуір соққы алды, жаңа заңдылықтар анықталды, бағалаудың қосымша критерийлері – магнит өрісінің ауытқуының болуы пайда болған жылулық желілері жағдайының анализі бойынша бағдарламалық комплекстер дамуға бастау алды.

Есептеу барысында және оның аяқталуы кезінде қолданушыға ауыспалы процестер анализі үшін бағдарлама келесі ақпаратты ұсынады:

Есептеу процедурасы уақытында қолданушы дәл қазіргі уақытта қысымның жылжыма толқындары мен кез келген бағыт бойымен жылдамдықты таратуды бақылау мүмкіндігіне ие болады. Есептеу нәтижелері бойынша осы бағыт бойымен әрбір нүктеде ең көп және ең аз қысымдар графиктерді құрастыру жүзеге асырылады. Таңдалған бақылау нүктелері қатары үшін уақытқа байланысты қысымның өзгеру графиктері келтіріледі.

Мәліметтер базасына ең жоғарғы және ең төмен қысымдардың мәндері әрбір аймақ пен желі түйіні үшін осы қысымдардың пайда болу уақытын нұсқаумен салынады, ал аймақ үшін сәйкес орын көрсетіледі.

Есептеу процесінде сұйықтықты насоспен сорудың кедергісі (срыв) жайлы хабарламалар беріледі. Есептеу процессінде желінің кейбір нүктесінде соңғы ұйғарынды қысымға жеткені жайлы хабарламалар беріледі.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Федоров Н.Ф., Волков Л.Е. Гидравлический расчет канализационных сетей. Расчетные таблицы. – М.: МХК РСФСР. – 2006 г. – 253 с.
2. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений: Справочник / Под ред. А.С. Москвитина. – М.: Стройиздат. – 2008 г. – 430 с., ил. – (Справочник монтажника).
3. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Том 2. Очистка и кондиционирование природных вод. – М.: Издательство АСВ. – 2004 г. – 496 с. Прислал Софинский Геннадий, г. Новополоцк Витебской обл., респ. Беларусь.
4. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Том 3. Системы распределения и подачи воды. – М.: Издательство АСВ. – 2004 г. – 256 с. Прислал Софинский Геннадий, г. Новополоцк Витебской обл., респ. Беларусь.
5. Иванов В.Г. Водоснабжение промышленных предприятий. – СПб. – 2003 г. – 537с.
6. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод./ Учебник для вузов.
7. Галдин Н.С. Основы гидравлики и гидропривода: учебное пособие / Н.С.Галдин. – Омск: Изд-во СибАДИ. – 2010 г. – 145 с.
8. Чугаев Р.Р. Гидравлика (техническая механика жидкостей): учебник / Р.Р.Чугаев. – М.: Бастет. – 2008 г. – 672 с.
9. Троян Т.П. Гидравлика. Задачи и примеры расчетов по гидростатике и гидродинамике.
10. Угинчус А.А. Гидравлика и гидравлические машины: учебник / А.А. Угинчус. – М.: Аз-book. – 2009 г. – 395 с.
11. Белан А.Е. Универсальный метод гидравлического увязочного расчета водопроводных сетей. – Строительство и архитектура. – 2009 г. – 73 с.
12. Липский, В.К. Техническая гидромеханика: учеб.-метод. комплекс / В.К. Липский, Д.П. Комаровский; под. общ. ред. В.К. Липского. – Новополоцк: ПГУ. – 2011 г.

REFERENCES

1. Fedorov N.F., Volkov L.E. Gidravlicheskiy raschet kanalizatsionnykh setey. Raschetnye tablitsy. – Moscow: MKhK RSFSR. – 2006 g. – 253 p.
2. Oborudovanie vodoprovodno-kanalizatsionnykh sooruzheniy: Spravochnik / Pod red. A.S. Moskvitina. – Moscow: Stroyizdat. – 2008 g. – 430 p., il. – (Spravochnik montazhnika).
3. Zhurba M.G., Sokolov L.I., Govorova Zh.M. Vodosnabzhenie. Proektirovanie sistem i sooruzheniy. Tom 2. Ochistka i konditsionirovanie prirodnykh vod. – Moscow: Izdatel'stvo ASV. – 2004 g. – 496 p. Prislal Sofinskiy Gennadiy, g. Novopolotsk Vitebskoy obl., resp. Belarus'.
4. Zhurba M.G., Sokolov L.I., Govorova Zh.M. Vodosnabzhenie. Proektirovanie sistem i sooruzheniy. Tom 3. Sistemy raspredeleniya i podachi vody. – Moscow: Izdatel'stvo ASV. – 2004 g. – 256 p. Prislal Sofinskiy Gennadiy, g. Novopolotsk Vitebskoy obl., resp. Belarus'.
5. Ivanov V.G. Vodosnabzhenie promyshlennykh predpriyatiy. – SPb. – 2003 g. – 537 p.
6. Voronov Yu.V., Yakovlev S.V. Vodootvedenie i ochistka stochnykh vod./ Uchebnik dlya vuzov.
7. Galdin N.S. Osnovy gidravliki i gidroprivoda: uchebnoe posobie / N.S. Galdin. – Omsk: Izd-vo SibADI. – 2010 g. – 145 p.
8. Chugaev R.R. Gidravlika (tekhnicheskaya mekhanika zhidkosti): uchebnik / R.R.Chugaev. – Moscow: Bastet. – 2008 g. – 672 p.
9. Troyan T.P. Gidravlika. Zadachi i primery raschetov po gidrostatike i gidrodinamike.
10. Uginchus A.A. Gidravlika i gidravlicheskie mashiny: uchebnik / A.A. Uginchus. – Moscow: Az-book. – 2009 g. – 395 p.
11. Belan A.E. Universal'nyy metod gidravlicheskogo uvyazochnoy rascheta vodoprovodnykh setey. – Stroitel'stvo i arkhitektura. – 2009 g. – 73 p.
12. Lipskiy, V.K. Tekhnicheskaya gidromekhanika: ucheb.-metod. kompleks / V.K. Lipskiy, D.P. Komarovskiy; pod. red. V.K. Lipskogo. – Novopolotsk: PGU. – 2011 g.

КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ZULUHYDRO

І. Е. Алдаберген*, Г. Н. Сембаева

Карагандинский технический университет им. А. Сагинуова, Караганда, Казахстан

* E-mail для контактов: inkar94_kz@mail.ru

В данной статье показаны ход и результаты гидравлических расчетов инженерных коммуникаций с использованием программы ZuluHydro. Сообщается, что программа ZuluHydro позволяет создавать вычислительную математическую модель сети, проводить сертификацию сети, решать информационные задачи на основе созданных моделей, задачи топологического анализа, выполнять различные гидравлические расчеты. Расчеты следует проводить для закрытых и кольцевых линий водоснабжения, включая дросселирующие устройства и подъемно-насосные станции, работающие от одного или нескольких источников. Расчеты ZuluHydro могут работать как в тесной интеграции с геоинформационной системой, так и в виде отдельной библиотеки компонентов, позволяющей проводить расчеты в пользовательских приложениях. Программа предлагает удобный интерфейс. Программа позволяет рассчитывать переменные процессы в гидросетях при различных изменениях режимов работы сети.

Ключевые слова: гидравлика, водопроводная сеть, гидроудар, программа ZuluHydro, пьезометрические давления, графовые рычаги.

COMPUTER DESIGN OF HYDRAULIC CALCULATIONS
OF WATER SUPPLY NETWORKS USING ZULUHYDRO SOFTWARE

I. E. Aldabergen*, G. N. Sembaeva

Saginov Technical University, Karaganda, Kazakhstan

** E-mail for contacts: inkar94_kz@mail.ru*

This article shows the progress and results of hydraulic calculations of utility lines using the ZuluHydro program. It is reported that the ZuluHydro program allows you to create a computational mathematical model of the network, conduct network certification, solve information problems based on the created models, topological analysis problems, and perform various hydraulic calculations. Calculations should be made for closed and ring water supply lines, including throttling devices and lifting and pumping stations operating from one or more sources. ZuluHydro calculations can work both in close integration with a geographic information system and as a separate component library, allowing calculations to be carried out in user applications. The program offers a user-friendly interface. The program allows you to calculate variable processes in hydro networks with various changes in network operating modes.

Keywords: *hydraulics, water supply network, water hammer, ZuluHydro program, piezometric pressures, graph levers.*